

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU

The Optimization of the Production Process

Student:
Vedoucí bakalářské práce:

Lucie Němečková
Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Ostrava 2009

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Katedra mechanické technologie

Fakulta strojní
Akademický rok 2008/2009

Zadání bakalářské práce

Student: **Lucie Němečková**

Studijní program: **B2341 Strojírenství**

Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**

Specializace: **70 Strojírenská technologie**

Téma: **Optimalizace výrobního procesu**
The Optimization of the Production Process

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska technologie, sortimentu, kapacit, celkového systému řízení, objektivitu vstupních informací.
3. Vyhodnocení analýzy, specifikace požadavků na výrobek, výrobní proces, identifikace problémů.
4. Vlastní návrhy na zdokonalení výrobního procesu.
5. Zhodnocení navrženého řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.
- PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-10-19]. Dostupný z [www: <URL: http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>](http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf).
- BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2
- PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. 1.vyd. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1
- TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing spol. s r.o. 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1
- ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení. Cvičení II*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-0962-1

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**

Datum zadání: 06.10.2008

Datum odevzdání: 22.05.2009





prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že

- byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 ods. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 22. 5. 2009

.....
Lucie Němečková

Adresa trvalého bydliště:

Lucie Němečková
Nasobůrky 103
Chudobín 783 21

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 22. 5. 2009

.....
podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

NĚMEČKOVÁ, L. Optimalizace výrobního procesu. Ostrava: katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009, 48 s. Bakalářská práce, vedoucí Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Bakalářská práce je zaměřena na optimalizaci výrobního procesu. Jedná se o výrobu papíru na papírenských strojích, konkrétně zařazení magnetického odlučovače do procesu výroby. V úvodní části charakterizují technologické procesy při výrobě papíru a částí papírenského stroje. Hlavní část bakalářské práce se zabývá optimalizací výroby papíru při zařazení magnetického odlučovače. Závěr práce zahrnuje vyhodnocení dané problematiky.

ANNOTATION OF THESIS

NĚMEČKOVÁ, L. The Optimization of the Production Process. Ostrava : department mechanical technology, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, Bachelor Thesis, head: Šnajdlerová, I.

My bachelor thesis targets the optimization of the industrial process. It deals with the paper production on paper machines, concretely with putting the magnetic separator into the process of manufacture. In the preamble I characterise the paper production technological processes and the parts of paper machine. Main part of my bachelor thesis is concerned with the optimization of paper production with the magnetic separator being put into operation. The evaluation of given problems is comprised in the conclusion of my thesis.

OBSAH:

Seznam použité literatury	9
Úvod	10
1 Obecná charakteristika řešené problematiky	11
1.1 Základní informace o firmě HAJDO	11
2 Analýza současného stavu z hlediska technologie	14
2.1 Vlastní přípravna látky	14
2.1.1 Rozvlákňování	14
2.1.2 Dovláknování	15
2.1.3 Krácení	15
2.1.4 Mletí	15
2.1.5 Egalizace	16
2.2 Papírenský stroj	16
2.2.1 Mokrý část papírenského stroje	16
2.2.1.1 Míchací nádrže	16
2.2.1.2 Vrtulové zařízení	17
2.2.1.3 Regulátor konsistence	17
2.2.1.4 Třídění	18
2.2.1.5 Nátok látky	18
2.2.1.6 Sítová část	19
2.2.1.7 Registrová část	20
2.2.1.8 Sací skříň	20
2.2.1.9 Egutér	21
2.2.1.10 Gaučovací válce	21
2.2.1.11 Manšon	22

2.2.1.12 Regulace síta	22
2.2.1.13 Výkon sítové části	23
2.2.1.14 Plstěnce	23
2.2.1.15 Čerpadla	23
2.2.1.16 Oběhové vody	24
2.2.2 Sušící část papírenského stroje	24
2.2.2.1 Sušení papíru	24
2.2.2.2 Topné zařízení	25
2.2.2.3 Zavádění papírového listu	25
2.2.2.4 Chlazení papíru	25
2.2.2.5 Hlazení papíru	26
2.2.2.6 Vlhčení papíru	27
2.2.2.7 Navíjecí zařízení	27
2.2.3 Příslušenství papírenského stroje	28
2.2.3.1 Samosnímací stroj	28
2.2.3.2 Zařízení k odsávání páry	28
3 Vyhodnocení analýzy, specifikace požadavků na výrobek, identifikace problému	29
3.1 Vyhodnocení mlecího procesu	29
3.1.1 Čtyřdiskový mlýn	29
3.2 Specifikace na výrobek	31
3.2.1 Onožení	31
3.3 Identifikace problému	32
4 Návrh na zdokonalení výrobního procesu	33
4.1 Magnetický odlučovač	33
4.1.1 Technologický postup magnetického odlučovače	35

4.1.1.1 Technologický postup víka	35
4.1.1.2 Technologický postup tělesa odlučovače	36
4.2 Magnety	37
4.2.1 Magnet feritový	37
4.2.1.1 Popis.....	37
4.2.1.2 Feritové magnety v magnetických odlučovačích	37
4.2.2 Magnet neodymový NbFeB v magnetických odlučovačích	38
4.2.2.1 Popis	38
4.2.3 Srovnání magnetických vlastností obou magnetů	38
4.3 Finanční posouzení investice magnetického odlučovače v závislosti na havárii onožení v mlecím stroji	40
4.3.1 Výpočet ceny onožení dle typu výkonu mlýnu s onožením \varnothing 663 mm a cenou za onožení 3.000,- Kč za kus.....	40
4.3.1.1 Cena onožení linky menších výkonů.....	41
4.3.1.1.1 Výpočet ceny pro jednoduché mlýny	41
4.3.1.1.2 Výpočet ceny pro dvojité mlýny	41
4.3.1.2 Cena onožení linky větších výkonů	42
4.3.1.2.1 Výpočet ceny pro jednoduché mlýny	42
4.3.1.2.2 Výpočet ceny pro dvojité mlýny	42
5 Zhodnocení navrženého řešení	43
5.1 Přínos pro firmu, HAJDO spol. s r. o.	44
Závěr	45
Použitá literatura	46
Seznam příloh	47

Seznam použitého značení:

č. o.	číslo operace
č.	číslo
ks	kus
l	délka rozměru
mil.	milión
obr.	obrázek
pl.	plech
prac.	pracoviště
s. r. o	Společnost s ručením omezeným
tab.	tabulka
tj.	to je
tr.	Trubka
tzv.	tak zvaně
vč.	včetně

ÚVOD

V dnešní době si nedokážeme bez papíru a bez jakéhokoliv jiného výrobku vyrobeného z papíru náš denní život představit. Technologie na výrobu papíru se den ode dne zlepšuje a zrychluje.

Ruční papír se na síťových rámech u nás vyráběl až do začátku 19. století. S výrobou papíru na papírenských strojích se začalo o něco později. Ke zdokonalení strojní výroby papíru docházelo až v první polovině 19. století. Největší papírenský stroj s pracovní šířkou 2,2 m byl vyroben už v roce 1864. O několik desítek let později, v roce 1924, byl vyroben stroj s pracovní šířkou 5,5 m s rychlostí až 350 m/min. Současné nejvýkonnější papírenské stroje jsou konstruovány na pracovní rychlost až 2000 m/min s pracovní šířkou do 10 m. [1]

Papírenský stroj je jedním z hlavních strojních zařízení v papírenském průmyslu. Na jeho pracovním výkonu závisí výkon celého papírenského závodu. Chod papírenského stroje a minimum přetrhů závisely v minulosti na dovednosti a svědomitosti obsluhy. V současné době jsou papírenské stroje osazeny řídicími systémy a pracují v automatickém režimu. Účast lidského faktoru v procesu řízení je však i dnes nezastupitelná. Dovednost obsluhy v oblasti mechaniky stroje se přenesla do operátorské zručnosti při práci s řídicím systémem stroje. Ovšem náklady na provoz takového papírenského stroje byly a jsou velice vysoké.

Cílem mé bakalářské práce je optimalizace procesu výroby papíru na papírenských strojích tak, aby došlo ke snížení provozních nákladů.

1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Bakalářská práce byla vypracována, pro firmu HAJDO spol. s r. o., proto bych nejprve chtěla firmu pár slovy představit.

1.1 Základní informace o firmě HAJDO

Společnost HAJDO spol. s r.o. byla založena v roce 1990. Hlavním programem společnosti HAJDO spol. s r.o. jsou konstrukční, projekční, montážní, výrobní a servisní činnosti v oborech strojírenství, se zaměřením na specifické a odborně náročné oblasti papírenského průmyslu. Společnost HAJDO spol. s r.o. se dále zabývá přidruženými obory, jako jsou stacionární hydraulika, průmyslová pneumatika, mazací, parokondenzační a ostřikové systémy.

Společnost disponuje širokým množstvím výrobních prostředků. Bohaté strojní vybavení pro oblast strojního obrábění, zámečnické výroby a v neposlední řadě i pořízení CNC stroje pro dělení materiálů vodním paprskem z ní dělá vhodného partnera pro realizace těch nejnáročnějších požadavků zákazníků. Umožňuje realizovat výrobu a dodávky složitých strojních celků, přestavby a rekonstrukce stávajících, mnohdy zastaralých strojních zařízení nejen v papírnách a papírenských provozech.

Od roku 1997 byl zaveden, ve společnosti HAJDO spol. s r.o. velkoobchod se strojírenským šroubením a přidruženými prvky firmy Walterscheid (dnes Walform) a dále i se šroubením a prvky pro průmyslovou pneumatiku. Od roku 2004 se společnost HAJDO spol. s r.o. zaměřila i na výrobu a opravy spojovacích hřídelí - kardanů.



Obr. 1 Poloha firmy HAJDO, spol. s r. o.

Podnik se nachází v moravském městě Litovel a je členěn na dvě části. V jedné části se nachází vedení firmy a kanceláře. V druhé části můžeme najít vlastní výrobu a servis.



Obr. 2 Sídlo společnosti



Obr. 3 Výrobní a servis

V současné době pracuje ve společnostech, HAJDO spol. s r.o., HAJDO SK, s.r.o. a HAJDO HYDRO s.r.o. cca **65 zaměstnanců**.

HAJDO spol. s r. o. garantuje kvalitu své výroby vysokou pracovní odpovědností techniků a ostatních pracovníků. Je držitelem těchto certifikátů:

- certifikát systému řízení jakosti dle ISO 9001:2000, (obr. 4)
- certifikát ochrany životního prostředí dle ISO 14001:2004, (obr. 5)
- certifikát pro svařování kolejových vozidel a jejich dílů dle DIN 6700-2. (obr. 6)



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6

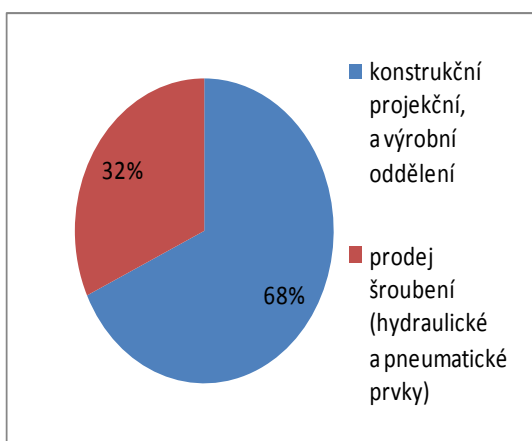
Nabízené služby

Společnost HAJDO spol. s r. o. nabízí komplexní služby v oblastech:

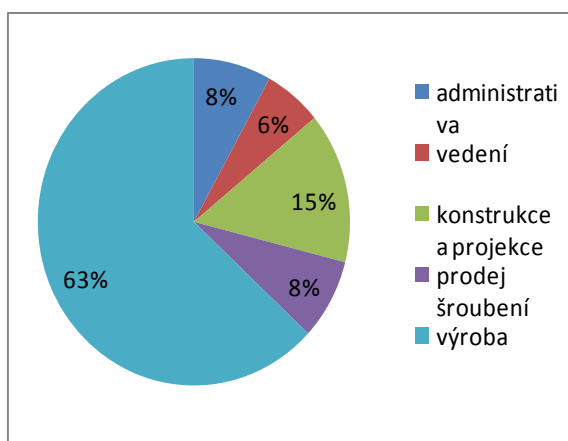
- přestavby řízení,
- hydraulika,
- průmyslová pneumatika,
- mazací technika,
- parokondenzační systémy,
- ostřikovací systémy včetně oscilací,
- škrabáky včetně náhradních čepelí a oscilací

Firma se zabývá přestavbou a opravami papírenských strojů, kterým se dále budu věnovat.

OBRAT FIRMY



STRUKTURA FIRMY



Obraty firmy	
2004	99,5 mil.kč
2005	131,3 mil.kč
2006	129,1 mil.kč
2007	170,2 mil.kč
2008	135,0 mil.kč

Výrobní zakázky	
2004	600
2005	600
2006	600
2007	600
2008	600

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU Z HLEDISKA TECHNOLOGIE

Zde si blíže řekneme, jakým technologickým procesům dochází při výrobě papírového listu a z jakých částí se skládá samotný papírenský stroj.

2.1 Vlastní příprava látky

Vláknina pro zpracování papíru, kartónu a lepenky upravujeme mechanickým způsobem. Tímto se jí dává žádoucí tvar, délka, povrch nebo i jiné vlastnosti. Celý proces nazýváme mletím. Během tohoto procesu dochází k fyzikálním a chemickým změnám vlákniny. Postup přípravy vlákniny lze rozdělit takto:

- rozvlákňování,
- dovlákňování,
- krácení,
- mletí,
- egalizace.

Veškeré operace se provádějí v soustavě vlákno-voda. Sled operací je veden od archů nebo kusů až k jednotlivým vláknům nebo jejich částicím, tj. jde o proces rozmělnění. Příklady schémat přípravy látky, kde se zpracovává sběrový papír, viz příloha č. 1, 2 a příprava pro zpracování buničiny, viz příloha č. 3. [4]

2.1.1 Rozvlákňování

Rozvlákňování je mechanickým procesem, při kterém se odvodněná nebo vysušená vláknitá surovina intenzivním hnětením nebo turbulencí za většího nebo menšího přídavku vody uvolňuje na jednotlivá vlákna či malé shluky. Zpravidla se rozvlákňování provádí za přídavku vody o normální teplotě, čímž dochází k současnému bobtnání vláken. Čím více zvětšujeme teplotu vody, tím více urychlujeme proces rozvlákňování. Při rozvlákňování však nedochází k úplnému oddělení jednotlivých vláken. Dnešní rozvlákňovače jsou více moderní, než tomu bývalo. Moderní rozvlákňovač na sběrový papír od firmy Kadant LAMORT viz příloha č. 4. [4]

2.1.2 Dovláknování

Dovláknování je proces následující hned za rozvlákněním. Je to proces dokončovací. Účelem dovláknování je rozrušení větších vlákenných shluků, které v důsledku předchozího sušení nebo lisování vlákniny se nepodařilo rozdělit při rozvláknování. [4]

2.1.3 Krácení

Krácením se rozumí fáze přípravy, u které dochází k intenzivní změně délky vlákna. Při krácení se zmenšuje střední délka vlákna. Což je patrné zejména v počátečním stádiu opracování. S postupujícím krácením klesá rychlost zmenšování střední délky vlákna. [4]

2.1.4 Mletí

Mletí již není jednoduchým procesem, ale složitým, při kterém se mechanickým způsobem vyvolávají fyzikálně-chemické a morfologické změny vláken mleté buničiny. Lépe řečeno, při mlecím procesu dochází k opakovanému stlačování vrstvy vlákna mezi funkčními plochami mlecích nožů. Vkládaná energie do mletí vyvolá bobtnání samotné buničiny. Během mletí také dochází ještě k dovláknování a zároveň probíhá krácení vláken a jejich vnitřní i vnější fibrilace, tj. jejich podélné štěpení. [2], [4]

Při procesu mletí látka vstupuje za stálého tlaku za pomoci potrubí do pracovního pásma. Pásmo se nachází mezi prvním neotáčivým a otočným diskem. Působením odstředivé síly se dostává na obvod. Dále pak prochází proti směru působení odstředivé síly po mlecí ploše druhé strany rotujícího disku a nerotujícího druhého disku ke středu, odkud se odvádí. [2]

Mletí jako takové má nepřímá kritéria hodnocení, která jsou zaměřená na vystižení změn vlastností zpracovávané buničiny nebo změn vlastností při odvodňovacím procesu nebo na stupeň nabobtnání. [2]

2.1.5 Egalizace

Egalizace je koncovou operací v mlecí lince. Jejím posláním je zrovnoměnění papíroviny z hlediska délky vláken a z hlediska odvodňovací rychlosti. Egalizace současně příznivě ovlivňuje retenci plnidel na síť papírenského stroje. Protože se jedná o dokončovací operaci bezprostředně ovlivňující tvorbu listu, je zatížení egalizačních mlýnů řízeno přímo obsluhou papírenského stroje. [4]

2.2 Papírenský stroj

Bez papírenského stroje si žádná papírna nemůže obejít. Každý papírenský stroj se skládá z mokré části, sušící části a z příslušenství. Dispozice papírenského stroje viz příloha 5.

2.2.1 Mokrý část papírenského stroje

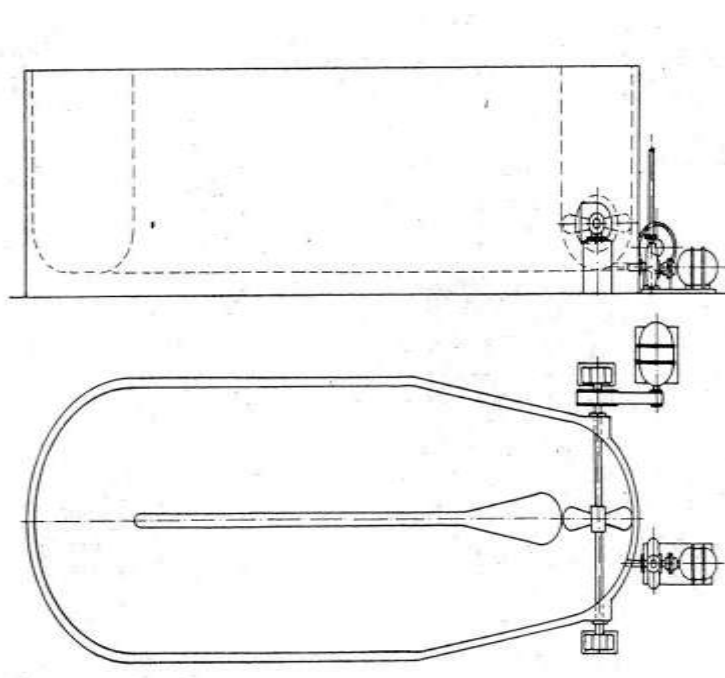
Tato část začíná od tzv. prsního válce a končí posledním mokrým lisem. Říká se jí tak, protože přeměňuje papírovinu v papírový list postupným odvodňováním neboli cestou mechanickou. Tento proces se proto nazývá odvodňováním. [1]

2.2.1.1 Míchací nádrže

Ještě před touto částí papírenského stroje, jsou umístěny tzv. míchací nádrže plnění se „látkou“, která přitéká z mlecích holandrů. Podle objemu mlecích holandrů volíme objem míchací nádrže, aby jedna nádrž pojala obsah dvou nebo i několika holandrů. Nesmíme zapomenout na to, že je třeba počítat se změnou konsistence, která bývá zpravidla u mlecích holandrů asi 5 %, u míchacích nádrží 3 %. Konsistence neboli sušina, v horším případě nazývána hustotou, je číslo udávající množství absolutně suché látky nebo vláken, celulosy, papíru v jedné objemové jednotce vyjádřené v procentech. Mlecí holandry jsou dnes nahrazeny diskovými mlýny, a to z důvodu výrazně lepších výkonových parametrů. [1]

2.2.1.2 Vrtulové zařízení

Druhy míchacích nádrží mají v dnešní době tzv. vrtulová zařízení (obr. 8). Půdorysy nádrží jsou oválného tvaru. To znamená, že na obou koncích jsou zaobleny půlkruhovitě. To proto, aby byla vyloučena hluchá místa při míchání. Každá z nádrží je uprostřed podélně rozdělena mezistěnou, kolem níž obíhá látka, otáčí-li se vrtule. Míchání je zajištěno třílistou vrtulí naklínovanou na hřídeli, která se otáčí v ložiskách upevněných vně nádrže. Aby byl co nejvíce minimální odpor při míchání látky, musí mít obě části nádrže náležité spády.[1]



Obr. 8 Dvoudílná vrtulová míchací nádrž

2.2.1.3 Regulátor konsistence

Vodolátka, tak se říká papírovině s nízkou konsistencí, je přiváděna na síto papírenského stroje. Aby se dosáhlo její potřebné konsistence, ředí se zpáteční oběhovou vodou. Pro každou papírná vodolátka vlastní konsistenci. Při výrobě je důležité hlavně to, aby se požadovaná konsistence neměnila, protože při stále rychlosti papírenského stroje má přímý vliv na změnu gramové váhy, a to je nepřipustné.

Proto se do papírenského stroje vmontoval **regulátor konsistence**, který je schopen zvýšit výkonnost papírenského stroje až o 15 %. Většina regulátorů byla zaměřena na zmenšení obsahu sušiny v látce. Na nepřesnost a necitlivost těchto regulátorů mělo vliv, že určité procento vláken se usazovala na pohyblivých částech stroje. V současnosti je měření a regulace papírenského stroje samotným oborem, který prakticky sestavuje řídicí systémy technologických linek papírny. [1]

2.2.1.4 Třídění

Další důležitý proces při výrobě papíru je **třídění**, tj. oddělení škodlivých částí z cenné látky. Látka musí být zbavena veškerých nečistot, než vstoupí na síto papírenského stroje. Tyto nečistoty podle své měrné váhy jsou dvojího druhu, dělíme je na:

- a) těžší než suspenze,
- b) lehčí než suspenze.

K zachycení a odvedení těžších nečistot z látky staví se u papírenských strojů tzv. stanice vířivých písečníků uspořádaných do několika stupňů třídění. K zachycení lehčích nečistot se používají sítové třídiče. [1]

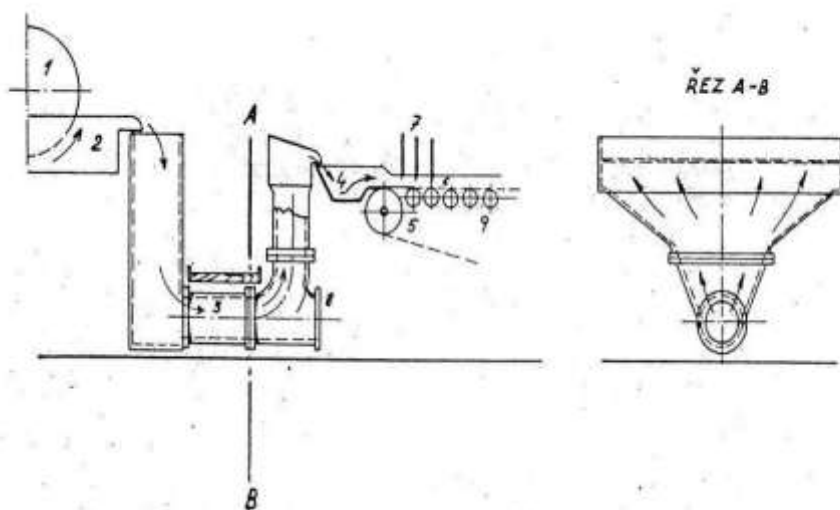
2.2.1.5 Nátok látky

Každému papírenskému stroji je vždy přizpůsoben **nátok látky** síta (obr. 9). Hodně záleží na vlastním druhu papírenského stroje. Pro menší výkony s menší rychlostí bude používán jiný nátok síta než pro široké stroje s pracovní šířkou až 8 metrů a rychlostí 480 m/min a více. [1]

U starých papírenských strojů látka přitéká uzelníku do žlabu a potrubím do nádržky. Hladina látky v nádržce musí vystoupit tak vysoko, aby přepadávala na síto papírenského stroje. Žlaby a potrubí tady plní funkci spojitě nádoby se sedimentačními schopnostmi.

Jestliže je stroj mimo provoz, lze potrubí s menší průtokovou plochou vyčistit otvorem, kterým je opatřen. Dále je přitékající látka nad prsní válec co do tloušťky listu usměrňována lištami a odvodňována odvodňovacími válečky. Nátok látky bývá řešen s mezistěnou tak, aby hladina látky byla klidná. Gramová váha papíru taky závisí na konsistenci přiváděné látky a na rychlosti papírenského stroje. [1]

Má-li stroj vysokotlaký nátok, je látka do něho přiváděna přes rozdělovací potrubní díl, aby se hladina látky uklidnila, než látka vstoupí do deflokulačního válce uloženého bezprostředně u vstupu látky na spodní ret nátokové skříně. Spodní ret končí za osou prsního válce a látka z něj natéká na běžící síto. Látka, která vstoupila do deflokulačního válce je stejnosměrně rozdělena po celé pracovní šířce síťového stolu. Tloušťka papíru a jeho stejnoměrná váha je řízena horním rtem, který se sklápí a zdvíhá buď ručně, nebo automaticky.[1]



Obr. 9. Syfonový vtok látky u starých papírenských strojů

2.2.1.6 Síťová část

Látka zbavena v písečníku a uzelníku všech škodlivých nečistot a zároveň vytríděna, přitéká přes nátok na síto papírenského stroje, tzv. **síťovou část**, na které se tvoří nový papírový list. Právě síťová část je nejdůležitější a hlavně nejcitlivější části celého papírenského stroje. [1]

Sítová část papírenského stroje sahá od prsního válce až k válci gaučovacímu. Délka síta závisí na výkonu papírenského stroje a zároveň na druhu nově vyráběného papíru, který se na daném stroji vyrábí. Délku síta dále určuje počet odvodňovacích prvků (registrové válce, vodní skříně, podtlakové vodní skříně a sací skříně). [1]

Síto je složeno z tzv. osnovy a útku. Osnovou se rozumí dráty v podélném směru, které se při tkaní ohýbají směrem nahoru a dolů, tím pádem musí být velice odolné proti mechanickému opotřebení. Útkem se rozumí dráty příčné ležící kolmo na směr běhu síta a jsou vkládány do osnovy při tkaní člunkem. Útkové dráty nemusí být odolné proti mechanickému opotřebení, protože síto jen spojují. K dosažení hladkého povrchu síta s určitou přesností roztečí ok a se zaručenou pevností a poddajností, by měl být počet a průměr drátů osnovy ve vzájemném poměru. Čísla tkanin pro měřítka jemnosti síta, jsou normalizována. [1]

2.2.1.7 Registrová část

Další zajímavou částí v „mokrém“ části papírenského stroje je **část registrová** složená z registrových válečků uložených v ložiskách ležících na registrové liště. Aby papírovina byla, co nejlépe odvodněna musí být registrové válečky rozloženy po liště tak, že jsou použity jaké nosné válce. Jejich rozmístění je různé. Na začátku sítové části jsou uloženy co nejvíce u sebe, protože tam je látka nejvíce odvodňována a voda tam protéká vlastní tíhou. Zatím co v další části síta jsou válečky rozloženy více od sebe. V současné době se na místo registrových válců instalují vodní a podtlakové vodní skříně s lištami typu „foil“, které jsou pro současné pracovní rychlosti papírenských strojů účinnější. [1]

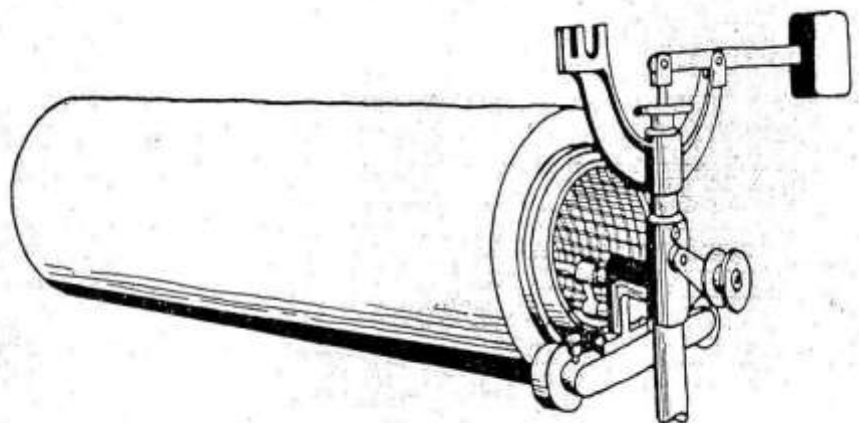
2.2.1.8 Sací skříně

Na část registrovou, navazuje část sací, která slouží k dalšímu odvodňování za použití tzv. **sacích skříní**, které jsou spojeny vakuovým čerpadlem. Sací skříň je tvořena z koroziivzdorné oceli. V místech kde se stýká skříň se sítem, je obložena technickým plastem nebo keramikou, aby opotřebování ve styku běžícím sítem bylo co nejmenší.

Protože šířka papírového listu může být různá a je již určena nastavením formátového vozu, je také šířka sací zóny skříně seřiditelná. Šířka sací zóny skříně se seřizuje za pomoci stavitelných hradítek, které se posouvají maticí a šroubem ovládaným ruční kličkou. [1], [3]

2.2.1.9 Egutér

S postupem času rostly požadavky na vzhled papíru do takových rozměrů, až se přišlo s požadavkem vyrobit papír s vodoznakem-průsvitkou, jak tomu bývalo u ručních papírů. Aby požadavku bylo vyhověno, musel být sestrojen nový síťový válec. Tomuto nově vzniklému válci v roce 1825 se říkalo **egutér** (obr. 10). Jinak řečeno otevřený registrový válec. Nejjednoduššími vodoznaky-průsvitkami je tzv. rýhování nebo žebrování. Na povrchu válce egutéru byly podélně i příčně připojeny dráty, které tvořily obdélníčky a vtlačovaly se do papíru tak, že v těchto místech papírový list zeslábl. Egutéry se také používají ke snížení dvojstrannosti papíru a ve spojení s podtlakovou skříní pracují jako odvodňovací prvek. [1]



Obr. 10. Egutér

2.2.1.10 Gaučovací válce

V dobách používání starých papírenských strojů na výrobu speciálního druhu papíru se u nich můžeme ještě setkat s tzv. **gaučovacími-lisovacími válci** potaženým manšonem. Hlavní význam manšonu nám říká, že po prvé zbavují list vody lisováním.

Nejdůležitější vlastností gaučovacích válců je, že za těmito válci musí být dosaženo co největší sušiny, která nám udává průhlednost papíru. Každý gaučovací lis je složen z 2 válců o různých průměrech. Spodní válec potažen sítí je poháněn převodovkou elektromotoru nebo transmisí. Spodní válec zároveň pohání válec a škrabákový válec

Materiálem gaučovacích válců bývá litina nebo litá ocel, jejíž povrch je poměděn. Tvar povrchu válce má být mírně vypouklý, z toho důvodu, aby průměr válce byl uprostřed větší než na koncích. [1]

2.2.1.11 Manšon

Vlněný potah horního gaučovacího válce „**manšon**“ umožňuje dobré vylisování papírové dráhy, ale musí být na válci pevně napnut. Dříve než se manšon na válec napne, musí být předem vytažen pomocí napínáku na obvod větší, než má gaučovací válec. V současné době je gaučovací soustava nahrazena sacím válcem. Plášť takového válce je děrován a uvnitř válce jsou jedna nebo dvě sací zóny zapojené na zdroj podtlaku. Při přechodu síta s papírovým pásem přes příslušnou sací zónu dochází k odsávání určitého množství vody z vyráběného papíru. [1]

2.2.1.12 Regulace síta

Důležité při výrobě papíru je také to, aby síto bylo dostatečně seřízeno, jelikož při své rychlosti a pružnosti neudrží stále stejnou polohu. Seřízení musí být provedeno tak, aby jeho okraje nepřesahovaly při běhu levý nebo pravý okraj prsního válce, gaučovacího válce a válců vodících, jinak by se na sítu utvořil záhyb a síto by se poškodilo. K tomu slouží systém napínání síta a systém **regulace** běhu **síta**. [1]

2.2.1.13 Výkon síťové části

Výkon papírenského stroje závisí na třech základních veličinách:

1. na rychlosti papírenského stroje,
2. na šířce vyráběného papíru,
3. na gramové váze vyráběného papíru.

“Gramová váha znamená v papírenském názvosloví váhu jednoho čtverečného metru papíru v gramech.” Rozdíl v gramové váze nazýváme nadváhou a podváhou. Šířka papírového listu a rychlost stroje nejsou ve všech částech papírenského stroje stejné. Mění se především podélným a příčným smrštěním papírového listu a šířka sama se ještě mění změnou odstříhu nebo odřezu okrajů vyráběného papíru. [1]

2.2.1.14 Plstěnce

“Plstěnce lisových částí papírenských strojů jsou nepostradatelnou součástí při výrobě papíru.” Zvyšování režijních nákladů je spojeno častým opotřebením plstěnců. Správná volba plstěnce a správná údržba mohou náklady zmenšit. Plstěncem je vlastně látka, která vzniká předením, tkaním a valchováním, tj. zplstněním. Plstěnce se vyrábějí ponejvíce z vlny. Pak také z bavlny, osinku a jiných látek. [1]

2.2.1.15 Čerpadla

Aby papírenský stroj dobře fungoval a plnil svoji funkci, používá se u nich různých čerpadel. Dle použití je rozdělujeme na dvě skupiny:

1. čerpadla k dopravě papíroviny,
2. vývěvy k vytvoření podtlaku u sací části, sacích lisů a praček plstěnce.

K dopravě papíroviny používáme odstředivá čerpadla nebo monočerpadla. Pro sací část stroje a sací gauč se používají vodokružné vývěvy. [1]

2.2.1.16 Oběhové vody

Poslední částí z „mokrých“ částí papírenského stroje nám popisuje **oběhové vody**. Vlastní proces odvodňování papíroviny odděluje látku-vlákno od vody. Ovšem tato voda nezůstává čistá, ale vždy obsahuje nějaké to množství cenných látek-vláken. Aby se dosáhlo co nejvíce úspor, vracejí se téměř veškeré odpadové vody při výrobě papíru jako tzv. cirkulační, tj. zpáteční nebo oběhové vody zpět do výroby. Z jednoho prostého důvodu, aby vlákna obsažená v oběhových vodách byla co nejvíce využita. [1]

Každá cirkulace oběhových vod závisí na druhu papíru. Značný rozdíl bývá mezi cirkulací u oběhových vod při výrobě jakostních papírů, u kterých je základem dokonalá čistota. Nebo cirkulací oběhových vod při výrobě obvykle obalových papírů, kde není čistota tak moc důležitá. Nezužitkovaná voda, kterou nelze při chodu stroje vrátit hned do výroby, se přepouští přes tzv. čističe. Účelem čističů je zachytit co nejvíce vláken a vrátit je opět do výroby. [1]

2.2.2 Sušící část papírenského stroje

Papír, který prošel přes „mokrou“ část papírenského stroje. To znamená, že byl odvodněn, vylisován, je nyní sušen na sušící části papírenského stroje. Tato část tak jako část předešlá je složena z několika menších částí, které si teď blíže identifikujeme. [1]

2.2.2.1 Sušení papíru

Způsob **sušení papíru** se provádí tak, že přivádíme topnou páru o určité teplotě do tzv. sušících válců, jehož povrchu se papírový list dotýká. Z těchto válců se uvolňuje výparné teplo a papír se díky tomu suší. Tato sušící schopnost se ale zvyšuje mezi jednotlivými válci změnou teploty, protože je papír ochlazován okolním vzduchem. Aby se papír během sušení nerozvlnil, je zahřátý povrch válců přitlačován nekonečným, tzv. sušícím sítem nebo sušícím plstěncem, který je veden přes napínací, vodící, přesoušecí a sušící válce a je poháněn tak, že mezi ním a sušícím válcem vzniká tření. [1]

2.2.2.2 Topné zařízení

Již zmiňované přivádění topné páry je zařízení několika způsoby pomocí topných zařízení, které ovšem musí splňovat tyto podmínky:

1. musí být dobře odvodušněno,
2. teploty povrchu sušících válců se musí dát seřídít,
3. ze sušících válců se musí dát rychle a účinně odvést kondensát.

Normální **topné zařízení** je uspořádáno tak, že podél sušící části je vedeno hlavní parní potrubí, které je uloženo v přípustném kanálu podél papírenského stroje ze strany obsluhy přivádějící do sušících a vysoušesích válců páru. Důležité u tohoto přívodu je, aby teplota na celém povrchu sušících válců byla stejnosměrná. Z jedné strany válce se přivádí pára, z druhého konce se odvádí kondensát. Ventil k seřízení páry a ventil k okamžitému zastavení páry je umístěn ze strany obsluhy. [1]

2.2.2.3 Zavádění papírového listu

Papírový list se ručně **zavádí** do mokré a sušící části papírenských strojů s malými rychlostmi. Automaticky se papír zavádí do strojů s rychlostí větší než 120 m/min pomocí stlačeným vzduchem, při 5 atp. Papírový list se zavádí v místech sušící části od prvního válce až k hladicímu kalandru dvěma nekonečnými lany, které běží na okraji v drážkách. Můžeme mít jak vertikální napínání, tak i horizontální napínání. [1]

2.2.2.4 Chlazení papíru

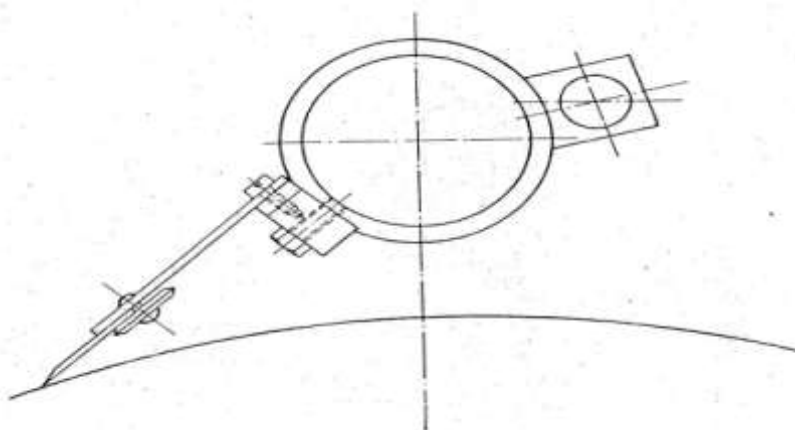
Offset neboli strojně hlazený papír se hladí přímo na papírenském stroji tzv. hladicím kalandrem. Jelikož je papír v sušící části ohřát, musí se chladit. Chladicí válec je umístěn za posledním válcem sušící části a je schopný zchladit papírový list na teplotu 30 až 40 °C.

Kdyby nedošlo k zchlazení papíru, vzniklo by na kalandru hodně zmetkového papíru z důvodu zvlnění. Válce s tlustšími stěnami bývají vyrobené z litiny. Válce s tenkými stěnami a o průměru 800 – 1000 mm jsou vyrobeny nejčastěji z mědi nebo z bronzu. Obě možnosti se používají u pomaloběžných strojů. Válcí protéká studená voda. Je do nich přiváděna a odváděna jejich dutými čepy. [1]

2.2.2.5 Hlazení papíru

Dobře ochlazený papírový list, nejlépe na 30 °C, vstupuje do již zmíněného kalandru, kde dochází k **hlazení papíru**. Dnešní kalandry se skládají z 6 – 10 válců vyrobené z tvrzené litiny. Čím více válců, tím je chod stroje rychlejší. Menší počet válců je u malých papírenských strojů, větší u velkých papírenských strojů, například při výrobě novinového papíru. Válce bývají uspořádány kolmo nad sebou v jedné přímce. Tlak mezi válcí je vytvářen vlastní tíhou. [1]

Aby papírový list při vstupu do kalandru řádně přilnul na první válec a nezvlnil se, je před každým kalandrem papírenského stroje umístěn speciální ocelový napínací válec. Povrch tohoto speciálního válce je vypouklý a je namontován k umožnění nerušeného chodu stroje i přesto že dochází k výkyvům v zalisování kalandru. Papír by se trhal mezi kalandrem a chladícím válcem kdyby, tento napínací válec nebyl namontován před kalandrem. Protože chladící válec při delším provozu neběží stejnosměrně. Díky tomu, že napínací válec je pružný, umožňuje napínání a uvolňování papíru za provozu dle potřeby. Každý válec kalandru musí být opatřen stěrákem (obr. 11), který zabraňuje navinutí papíru na jednotlivé válce a jsou uspořádány tak, že je možno při chodu stroje od válců odsunout dokud se papír netrhá. [1]



Obr. 11. Stěrák sušícího válce

2.2.2.6 Vlhčení papíru

Papírenský stroj vyrábí dva druhy papíru. Již zmiňované offsety neboli stroje hlazené papíry, nebo matové papíry a papíry s vysokým leskem. Vyrábí-li papírenský stroj papír k opětovnému hlazení, musí dojít předem k **zvlhčení papíru**. Tento proces se provádí na zvláštním zařízení papírenského stroje a jedná se povrchové zvlhčení papíru jemnou vodní mlhou.

Toto zařízení se nachází mezi podélnou řezačkou a navíjecím zařízením. Nejprve musí být papír dostatečně vysušen, aby mohlo dojít znovu k jeho zvlhčení. Kdyby nedošlo k dokonalému vysušení papíru před jeho zvlhčení, vznikaly by na něm při dalším kalandrování tmavé skvrny. Díky opětovnému zvlhčování papíru dochází k tomu, že papír dosahuje největšího lesku. [1]

2.2.2.7 Navíjecí zařízení

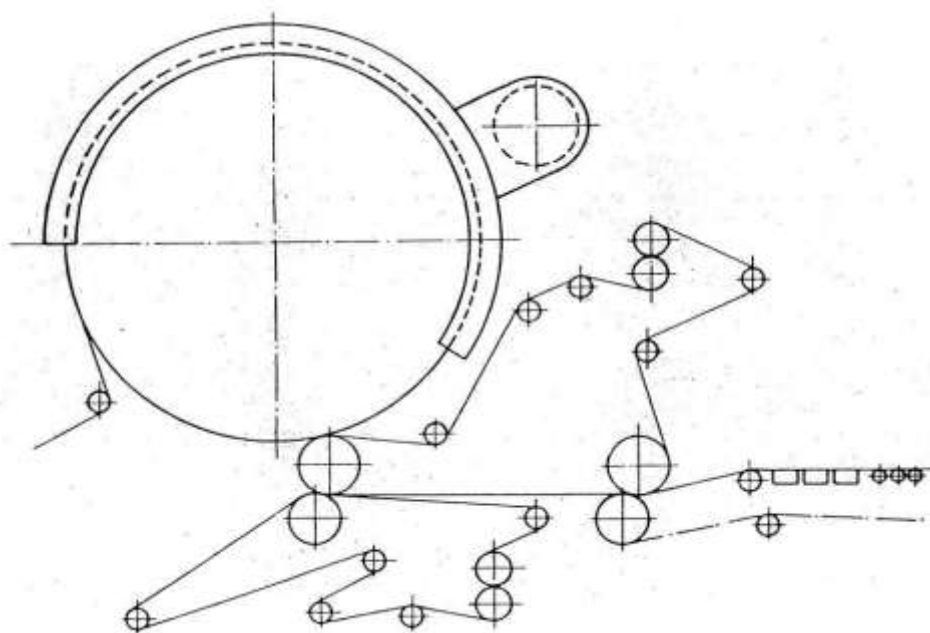
Poslední zařízením sušící části papírenského stroje je tzv. tyčové **navíjecí zařízení**, které se skládá se ze dvou litinových stojanů, v nichž je uloženo pět ocelových tyčí čtvercového průměru. U rychloběžných strojů se používané navíjecí zařízení bylo POPE. Navíjení papíru se děje na tambor, který je přitlačen k novému válci s vlastním pohonem. Systém POPE umožňuje automatické přivádění papíru na nové prázdné navíjecí válce – tambory. [1]

2.2.3 Příslušenství papírenského stroje

Papírenský stroj a jeho příslušenství.

2.2.3.1 Samosnímací stroj

Nejzajímavější částí je samosnímací stroj (obr. 12). Je tzv. strojem uzavřeným, protože je z gaučovacím válce snímán list na velký sušicí válec přiváděným horním plstěncem bez pomoci lidského faktoru. [1]



Obr. 12 Schéma samosnímacího stroje

2.2.3.2 Zařízení k odsávání páry

Při výrobě papíru vzniká odpadní teplo z vodních výparů v sušicí části papírenského stroje. Proto existuje zařízení k odsávání par ze sušících částí a také zařízení papírenské haly aby toto teplo postupně odsávali. Výpary zhoršují pracovní prostředí a zimě kondensují. Tím je způsobeno snížení životnosti zdiva budov, ale především jsou škodlivé při výrobě papírového listu, na nějž se stropu odkapávají sražené kapky vody. [1]

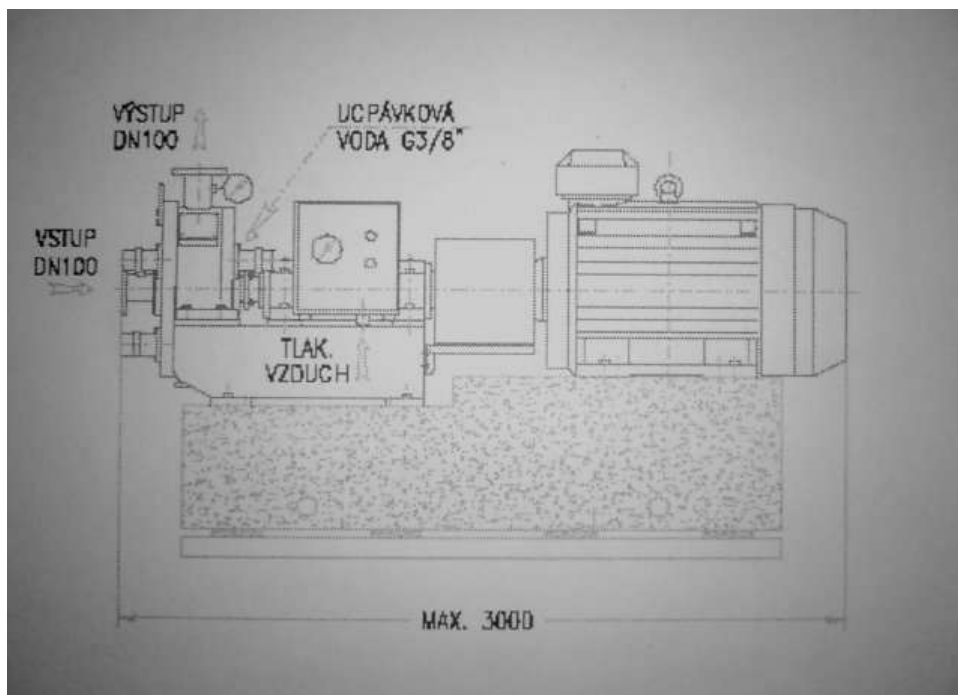
3 VYHODNOCENÍ ANALÝZY, SPECIFIKACE POŽADAVKŮ NA VÝROBEK, IDENTIFIKACE PROBLÉMU

3.1 Vyhodnocení mlecího procesu

Proces mletí je z energetického hlediska nejnáročnější již ze zmiňovaných procesů přípravy vlákniny. Charakter mlecího procesu, tj. převažující způsob opracování vláken, je určen jednak konstrukcí mlecích orgánů (řezným úhlem, šířkou nožů a materiálem mlecích orgánů) a také technologickými podmínkami (zatížením mlecího stroje, nebo též mlecím tlakem, pracovní hustotou látky, průtokem apod. ...).

Mlecí stroje lze rozdělit do několika skupin a to podle konstrukce mlecích orgánů. Máme válcové mlýny, kuželové mlýny, strmokuželové mlýny diskové mlýny, speciální mlecí stroje. Nyní jsou nejčastěji používány diskové mlýny. Ty jsou buď dvoudiskové, nebo čtyřdiskové (obr. 13).

3.1.1 Čtyřdiskový mlýn



Obr. 13 Diskový mlýn typu D4

Tento diskový mlýn D4 je čtyřdiskový určený k úpravě papírenské látky a k provádění následujících operací:

- mletí dlouhovláknité a krátkovláknité buničiny,
- domílání sběrového papíru a dřevoviny,
- defibraci a rafinaci polobuničiny a sukoviny.

Je dodáván dle průměru onožení v typové řadě D4 – 460; D4 – 500 nebo D4 – 660; D4 – 750 a pracuje na principu pneumatického přtlaku onožení. Mlecí garnitury jsou vyrobeny z legované ocelolitiny. Pracovní komora, ucpávka a díly přicházejí do styku s papírenskou vodolátkou jsou vyrobeny z chromové oceli. Ostatní díly jsou vyrobeny z konstrukční oceli. Mlecí stroj je svou konstrukcí a bezpečností provozu v souladu s normami EU.

Dnes konstrukce mlecího stroje, jeho materiálové a výrobní provedení, zajišťuje vysokou životnost a provozní spolehlivost, snadnou údržbu a výměnu jednotlivých dílů především funkčních orgánů, dálkové ovládání funkčních orgánů a zpětnou kontrolu probíhajícího mlecího procesu.

Technická data

TYP	OPERACE	VÝKON	KONZISTENCE	HLTNOST	OTÁČKY	MOTOR	ØDISKU
		t/24hod	%	l/min.	n/min.	kW	mm
D4 460	mletí	40 - 60	2 - 5	700 - 1000	980	200	460
	domílání	50 - 65					
	rafinace	30 - 50					
D4 500	mletí	50 - 80		900 - 1200		250	508
	domílání	60 - 85					
	rafinace	40 - 70					

TYP	OPERACE	VÝKON	KONZISTENCE	HLTNOST	OTÁČKY	MOTOR	ØDISKU
		t/24hod	%	l/min.	n/min.	kW	mm
D4 660	mletí	60 - 110	3 - 5	1200 - 2200	740	315, 400	663
D4 750	mletí	70 - 170		1600 - 3000	590, 740	400, 500	750

3.2 Specifikace na výrobek

Výrobek musí být velice kvalitní a pokud možno co nejlevnější. Měl by být vyroben na přání zákazníka dle jeho požadavků co v nejkratším termínu dodání.

3.2.1 Onožení

Rozhodujícím kritériem pro volbu materiálu onožení (obr. 14 a, b) byla dosud životnost. Životnost funkčních orgánů je dána čistotou látky, mlecím tlakem a vlastnostmi použitého materiálu. Z hlediska životnosti nejlépe vyhovují materiály s vysokou odolností vůči otěru a hydroabrazi.



Obr. 14 a) Onožení



Obr. 14 b) Onožení

Pro různá technologická použití existují několik provedení diskových mlecích orgánů, neboli onožení:

K, KK – krátící, intenzivní krátící účinek,
KF – univerzální mletí s převahou krácení,
UF – univerzální mletí s převahou fibrilace,
SF – vysoký fibrilační účinek – hrubé látky,
FF, SFi – vysoký fibrilační účinek – jemné látky,
DH – SF – vysoký – fibrilační účinek s nízkou spotřebou energie,
U – univerzální mletí,
DD – dovlákňování, rafinace a konečná jemná dispergace.

Katalogové listy typu onožení SF, SFi viz příloha č. 6, typu onožení KF viz příloha č. 7 a typu onožení K, KK viz příloha č. 8.

3.3 Identifikace problému

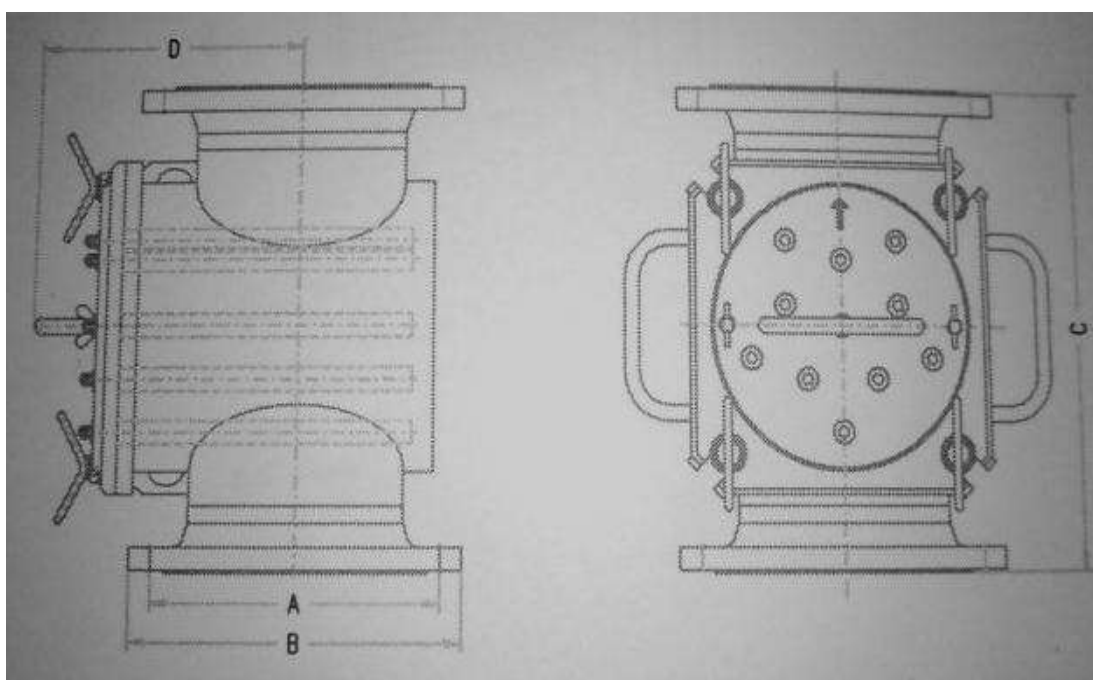
V současné době je kladen důraz na čistotu papírenské látky, než půjde na nátok papírenského stroje. Největší podíl nečistot je při zpracování sběrového papíru. Vytrídění těchto nečistot je energeticky velmi náročné. Nečistoty můžeme rozdělit na těžké a lehké.

Mezi těžké patří třeba různé kovové nečistoty (spony, kusy drátů, kusy svařovacích elektrod při montážích, ...). Mezi lehké nečistoty patří fólie, polystyren, pevné podíly papíru, atd. Proto se za rozvláknění zařazují různé typy třídičů. Jsou to třídiče vířivé, síťové nebo vibrační.

4 NÁVRH NA ZDOKONALENÍ VÝROBNÍHO PROCESU

4.1 Magnetický odlučovač

Aby bylo zamezeno postupu železných nečistot, které způsobují havárie, opotřebení vyměnitelných dílů (síta,...) z hlediska nákladů materiálového, výrobního, je možné umístit do potrubí tzv. magnetický odlučovač (obr. 15). Dle potřeby znečištěné látky můžeme vložit jak jeden tak více.



Obr. 15 Magnetický odlučovač

Technická data:

VELIKOST	POČET TYČÍ	A	B	C	D	Hm
			mm	mm	mm	kg
DN 100	7	DN100/PN16	220	360	192	26
DN 125	7	DN125/PN16	250	360	192	30,5
DN 150	9	DN150/PN16	285	360	210	40
DN 200	11	DN200/PN16	340	460	278	77

Magnetické odlučovače se mohou instalovat do potrubí různých světlostí, kde proudí kapalina znečištěná kovovými magnetickými nečistotami, které je nutno odstranit.

Magnetický odlučovač je tvořen, víkem s jímkami pro magnety a víkem s magnetickými tyčemi. Obě víka jsou zajištěna pomocí křídlatých matic. Jsou určena pro instalaci do horizontálně nebo vertikálně uloženého potrubí pomocí přírubových spojů.

Zařízení nevyžaduje zvláštní nároky, nebo požadavky na údržbu. Postup čištění magnetického odlučovače se provádí:

- vyjmutí z tělesa odlučovače kompletní díl (víko s jímkami, víko s magnety),
- mimo potrubí odjistit magnetická jádra a vložit do připravené nádoby tak, aby nedošlo ke znečištění samotných magnetů,
- dojde k odmagnetování kovových nečistot,
- očistit jímky magnetů,
- provést zpětnou montáž.

Poškozený těsnicí „O“ kroužek nahradit novým.

4.1.1 Technologický postup magnetického odlučovače

4.1.1.1 Technologický postup víka

Protože doposud nebyl zpracován technologický postup výroby částí magnetického odlučovače, pokusila jsem se o jejich zpracování, viz tab. 1, 2. Výkres součásti viz příloha č. 9.

Tab. 1 Technologický postup víka magnetického odlučovače

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			
Sestava MAGNETICKÝ ODLUČOVAČ		Výrobek VÍKO	Číslo výkresu VK 0594.02.00
Rozměr polotovaru		Materiál	Počet kusů
Pl. s – 20x255x255		1.4301	1
Tr. Ø22/1x255		1.4301	9
Pl. s – 2x20x20		1.4301	9
prac.	č.o	popis operace	T [min]
2814	1	Řezat vodním paprskem Pozice 1 – Pl. s – 20 – čistě bez přídavků pálit vnější tvar vč. drážek š – 20. Vypálit 9x otvor ø 20,4 Pozice 3 – Pl. s – 20 – čistě vypálit 9 x ø20	135
2814	2	Pozice 2 – Tr. ø22/1 – řezat na l = 255 – 9ks	14
4110	3	Soustruh SU 50 – upnout do čtyřčelistového sklíčidla, točit čelo na s-19, osazení ø213 + tolerance srazit hrany	65
9510	4	Zámečník, svářeč – pozice 2+3 – zaslepit konce trubek, zavařit met. TIG	40
4110	5	Soustruh SU 18 – pozice 2 – začistit svar, upnout na doraz, točit čelo trubky na l = 255, odjehlit	20
9510	6	Zámečník, svářeč – odjehlit otvory ø22, obrousit vnější hrany 2/45°, označit, vrtat a řezat závit 2 x M6, odjehlit.	10
		Na přírubu posice 1 namontovat přípravek, dolícovat trubky pozice 2, stehovat a zavařit z vnější strany, zabrousit. Demontovat přípravek	30
6520	7	Chemicky mořit, pasivovat	40
Celkem			354

Celkový čas na výrobu víka magnetického odlučovače je potřeba 354 minut.

4.1.1.2 Technologický postup těles odlučovače

Výkres součásti viz příloha č. 10.

Tab. 2 Technologický postup tělesa odlučovače

TECHNOLOGICKÝ POSTUP			
Sestava MAGNETICKÝ ODLUČOVAČ		Výrobek TĚLESO ODLUČOVAČE	Číslo výkresu VK 0594.01.00a
Rozměr polotovaru		Materiál	Počet kusů
Tr. Ø219/3 x 250		1.4301	1
Tr. Ø168,3/3 x 125		1.4301	1
Příruba DN150, PN16		DIN 2633	2
prac.	č.o	popis operace	T [min]
2814	1	Řezat pozice 1, 2	31
4110	2	Soustruh SU 50 – pozice 1- soustružit čela na l = 251, Srazit hrany pro svar	65
9510	3	Zámečnický, svářeč – slícovat pozice 1+ 6+ 4+ 5, stehovat, svařit, začistit hrany	82
		Prorýsovat, označit osy, pomocí šablon označit otvory pro pozice 2	10
		Pozice 2 – prorýsovat, pomocí šablony označit průnikový tvar na obou koncích	12
		Pomocí vzduchové plazmy pálit tvary otvorů a konců pozice 2, zabrousit, upravit, rozřezat pozice 2 na poloviny	48
		Slícovat a svařit tvar – bez přírub pozice 3, po svaření začistit svary, upravit	144
4110	4	Soustruh SU 50 – upnout do sklíčidla za pozice 6, podepřít pomocí příruby, začistit ø250 pro lunetu, upnout pomocí lunety, zatočit čelo, vypichovat drážku dle detailu na výkrese. Začistit ø213+0,1 v l = 6	65
4810	5	Horizontka W 9A - upnout, převrtat otvory v pozice 5 na ø25H7	38
4110	6	Zámečnický, svářeč – dolícovat příruby pozice 3	72
6520	7	Chemicky mořit, pasivovat	40
Celkem			607

Celkový čas na výrobu tělesa odlučovače je potřeba 607 minut.

Celkový čas na montáž magnetického odlučovače je potřeba čtyři směny.

Výkres součásti magnetického odlučovače viz příloha č. 11.

4.2 Magnety

Velký výskyt nečistot v rozvlákněné látce vedl k tomu, aby se tyto nečistoty postupně odstraňovaly. Některé kovové nečistoty byly sice zachyceny ve vířivých třídících, ale protože účinnost těchto třídících není 100%, dostávaly se tyto nečistoty dále ke zpracovacím strojům (sítové třídiče, mlecí linky, ...), proto se začalo využívat magnetů.

4.2.1 Magnet feritový

4.2.1.1 Popis

Feritové magnety (obr. 16) jsou klasické černé magnety, které známe například z kancelářských nástěnek. Jejich použití je však daleko širší a nacházejí svá uplatnění při výrobě elektromotorů, magnetických spojek, magnetických separátorů, upínačů, reproduktorů. Feritové magnety **nejsou náchylné** na korozi, a proto je není třeba povrchově upravovat.



Obr. 16 Feritové magnety

4.2.1.2 Feritové magnety v magnetických odlučovačích

Tyto magnety se vkládaly nejprve do magnetických odlučovačů. Tyto odlučovače zachycovaly kovové nečistoty, ale protože magnety nebyly dostatečně silné, docházelo při zachycení většího množství kovových nečistot k odtržení v proudu látky a následné havárii. Také byla účinnost těchto odlučovačů omezená velikostí nečistoty, tj. větší nečistoty byly strženy proudem látky, a nebyly magnetem zachyceny.

4.2.2 Magnet neodymový NbFeB v magnetických odlučovačích

Protože se feritové magnety v magnetických odlučovačích moc neuplatňovaly, narostl větší požadavek na silnější magnety. Proto se firma HAJDO spol. s r.o. rozhodla zařadit do magnetických odlučovačů magnety neodymové NbFeB.

4.2.2.1 Popis

Neodymové magnety NdFeB (Neodym-železo-bor) jsou v současné době nejsilnějšími permanentními – trvalými magnety (obr. 17). Základní složení elementů je v poměru 2:14:1. Výchozí materiál je vyráběn sintrováním a výsledné tvary magnetů jsou řezány dle rozměrových požadavků zákazníka. NdFeB magnety jsou velice náchylné na korozi, proto je na jejich povrch většinou nanesena povrchová úprava ve formě niklu, zinku, epoxidové pryskyřice nebo jsou magnety povrchově upravovány pasivací.



Obr. 17 Neodymový magnet

4.2.3 Srovnání magnetických vlastností obou magnetů

Abychom byli schopni poznat rozdíl mezi magnety feritovými a magnety neodymovými, srovnáme jejich magnetické vlastnosti. Tyto vlastnosti jsou popsány v následujících tabulkách.

Tab. 3 Magnetické vlastnosti feritových magnetů

TYP	Remanence (Br)		Koercivita (Hcb)		Vnitřní koercivita (Hcj)		Max. energetický součin (BH max)	
	mT	kGs	kA/m	kOe	kA/m	kOe	kJ/m ³	MGOe
MF8T	200 - 235	2.0 - 2.35	125 - 160	1.57 - 2.01	210 - 280	2.64 - 3.52	6.5 - 9.5	0.8 - 1.2
MF23	320 - 370	3.2 - 3.7	170 - 190	2.14 - 2.38	180 - 230	2.39 - 2.89	20.0 - 25.5	2.5 - 3.2
MF25	360 - 400	3.6 - 4.0	135 - 170	1.70 - 2.14	140-200	1.76 - 2.51	22.5 - 28.0	2.8 - 3.5

Tab. 4 Magnetické vlastnosti neodymových magnetů

TYP	Remanence (Br)		Koercivita (Hcb)		Vnitřní koercivita (Hcj)		Max. energetický součin (BH max)	
	mT	kGs	kA/m	kOe	kA/m	kOe	kJ/m ³	MGOe
VMM2	1080 - 1150	10.8 - 11.5	796 - 860	10.0 - 10.8	$\gamma = 955$	$\gamma = 12.0$	223 - 247	28 - 31
VMM3	1130 - 1170	11.3 - 11.7	844 - 884	10.6 - 11.1	$\gamma = 955$	$\gamma = 12.0$	247 - 263	31 - 33
VMM4	1170 - 1210	11.7 - 12.1	876 - 915	11.0 - 11.5	$\gamma = 955$	$\gamma = 12.0$	263 - 286	33 - 36

Slovníček použitých názvů v tabulkách

Remanence - zbytková magnetizace po odstranění magnetizujícího pole. Koresponduje s poměrem doménových momentů, které zůstaly orientované v jednom směru.

Koercivita - také zvaná koercivní síla. Je to schopnost permanentního magnetu odolávat demagnetizaci externím magnetickým polem a také svým vlastním demagnetizačním polem.

Vnitřní koercivní síla - demagnetizační magnetické pole, při kterém magnetizace (polarizace) klesne na nulu.

Maximální energetický součin - bod maximálního součinu B a H na demagnetizační křivce. Určuje optimální pracovní bod permanentního magnetu. Magnet, který operuje v tomto bodě, dává největší výkon na jednotku objemu.

Po srovnání obou tabulek jsme schopni zjistit, že neodymové magnety jsou oproti magnetům feritovým několikrát lepší a jejich magnetické vlastnosti odpovídají požadavku na dostatečné odstranění kovových nečistot v mlecích linkách papírenského stroje.

4.3 Finanční posouzení investice magnetického odlučovače v závislosti na havárii onožení v mlecím stroji

Ceny magnetických odlučovačů dle typu se pohybují:

- DN 100 50.000,- Kč,
- DN 125 65.000,- Kč,
- DN 150 78.000,- Kč,
- DN 200 95.000,- Kč.

Mlecí linky, které bývají osazovány čtyřdiskovými nebo dvoudiskovými mlýny, mají dle výkonu minimálně 2 – 3 ks mlýnů. Pro malé výkony to jsou 2 – 3 kusy mlýnů, pro vyšší výkony se používají v mlecí lince 4 kusy a více.

Cena onožení od tuzemského dodavatele PILAMA HULÍN, od které firma HAJDO spol. s r. o. mlecí segmenty nakupuje, se pohybuje v rozmezí pro mlýn:

- D4 - 460; 500 54.000,- ÷ 60.000,- Kč,
- D4 - 660; 750 65.000,- ÷ 74.000,- Kč.

4.3.1 Výpočet ceny onožení dle typu výkonu mlýnu s onožením ø663 mm a cenou za onožení 3.000,- Kč za kus

Jako příklad si spočítáme ceny pro onožení pro jednoduché mlýny a mlýny dvojité, a to jednak pro linky s malými výkony a linky vyšších výkonů. Každý mlýn se skládá ze statoru a z rotoru. Jednoduché mlýny mají po jednom statoru a rotoru. Mlýny dvojité jsou složeny ze dvou statorů a jednoho rotoru, který je osazen z obou stran mlecími segmenty. Tzn., jsou zde dvě sady rotujících segmentů.

4.3.1.1 Cena onožení linky menších výkonů

Do těchto linek se instalují 2 – 3 kusy diskových mlýnů.

4.3.1.1.1 Výpočet ceny pro jednoduché mlýny (dvoudiskové)

Počet ks satoru	Počet rotorových sad	Počet ks segmentů na 1 sator	Počet ks segmentů na rotorovou sadu	Cena za 1 ks segmentu	Cena za onožení na 1 ks mlýnu (rotor a sator)
1	1	6	6	3.000,- Kč	36.000,- Kč

2 kusy mlýnů v lince: $2 \times 36.000 = \underline{\underline{72.000,-}}$ Kč.

3 kusy mlýnů v lince: $3 \times 36.000 = \underline{\underline{108.000,-}}$ Kč.

4.3.1.1.2 Výpočet ceny pro dvojité mlýny (čtyřdiskové)

Počet ks satorů	Počet rotorových sad	Celkový počet ks satorových segmentů	Celkový počet ks rotorových segmentů	Cena na 1 ks segmentu	Cena za onožení na 1 ks mlýnu (rotory a statory)
2	2	12	12	3.000,- Kč	72.000,- Kč

2 kusy mlýnů v lince: $2 \times 72.000 = \underline{\underline{144.000,-}}$ Kč.

3 kusy mlýnů v lince: $3 \times 72.000 = \underline{\underline{216.000,-}}$ Kč.

Ceny onožení linek s menším výkonem pro jednoduché mlýny se pohybují v rozmezí 72.000,- ÷ 108.000,- Kč. Ceny onožení pro dvojité mlýny se pohybují v rozmezí 144.000,- ÷ 216.000,- Kč.

4.3.1.2 Cena onožení linky větších výkonů

Do těchto linek se instalují 4 kusy a více diskových mlýnů.

4.3.1.2.1 Výpočet ceny pro jednoduché mlýny (dvoudiskové)

Počet ks satoru	Počet rotorových sad	Počet ks segmentů na 1 sator	Počet ks segmentů na rotorovou sadu	Cena za 1 ks segmentu	Cena za onožení na 1 ks mlýnu (rotor a sator)
1	1	6	6	3.000,- Kč	36.000,- Kč

4 kusy mlýnů v lince: $4 \times 36.000 = \underline{\underline{144.000,-}}$ Kč.

4.3.1.2.2 Výpočet ceny pro dvojité mlýny (čtyřdiskové)

Počet ks satorů	Počet rotorových sad	Celkový počet ks satorových segmentů	Celkový počet ks rotorových segmentů	Cena na 1 ks segmentu	Cena za onožení na 1 ks mlýnu (rotory a statory)
2	2	12	12	3.000,- Kč	72.000,- Kč

4 kusy mlýnů v lince: $4 \times 72.000 = \underline{\underline{288.000,-}}$ Kč.

Ceny onožení linek s větším výkonem pro jednoduché mlýny se pohybují 144.000,- Kč a více. Ceny onožení pro dvojité mlýny se pohybují 288.000,- Kč a více.

5 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ

Díky tomu, že zavedeme do výrobního procesu papírového listu na papírenských strojích magnetický odlučovač, zabráníme tomu, aby veškeré těžké magnetické nečistoty se dostaly na nátok papírenského stroje, což je nepřípustné.

Hlavní předností magnetického odlučovače je, že nám z 99, 99% zabrání havárii na mlecích linkách. Tím myslím vylamování mlecích segmentů v diskových mlýnech.

Tab. 5 Cenové ztráty při havárii na onožení při jedné havárii

ONOŽENÍ ϕ 663 mm					
Mlecí linky menších výkonů				Mlecí linky větších výkonů	
Jednoduché mlýny		Dvojitě mlýny		Jednoduché mlýny	Dvojitě mlýny
2ks	3ks	2ks	3ks	4ks	4ks
72.000,- Kč	108.000,- Kč	144.000,- Kč	216.000,- Kč	144.000,- Kč	288.000,- Kč

Tab. 6 Ceny magnetických odlučovačů dle jeho typu

MAGNETICKÝ ODLUČOVAČ			
DN 100	DN 125	DN 150	DN 200
50.000,- Kč	65.000,- Kč	78.000,- Kč	95.000,- Kč

Shrnutím údajů z obou tabulek můžeme říct, že náklady na pořízení magnetického odlučovače jsou nízké s porovnáním se ztrátami, které vzniknou na škodě onožení a odstavení výrobního stroje. Můžeme říct, že návratnost investice na pořízení magnetického odlučovače se nám vrátí okamžitě, v případě poškození onožení.

5.1 Přínos pro firmu, HAJDO spol. s r. o.

Magnetické odlučovače, které byly zapůjčeny do papíren, doufám, že se v době zpracování bakalářské práce, odzkoušely s velkým úspěchem, došlo k tomu, že začaly vznikat požadavky na dodávky daných světlostí.

Výroba začala předcházet z kusové na malosériovou, což vedlo k další optimalizaci výroby magnetických odlučovačů v podobě zhotovení svařovacích přípravků, které stáhly výrobní časy asi o 1 směnu a dále o 1 směnu pro montáž, kde již nedocházelo k vedlejším úpravám, které bylo nutno provádět po deformaci způsobené svarem.

Přehled úspor:

- 1 hod – 400,- Kč
- 1 směna – výroba => à 8 hodin
- 1 směna – montáž => à 8 hodin

16 hodin

$$16 \times 400,- = 6400,- \text{ Kč/ks}$$

Při výrobě magnetických odlučovačů typu DN 150 a DN 200 přibližně po 15 kusech ročně, tj. 30 kusů je celková roční úspora 192.000,- Kč.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce je zaměřena na optimalizaci procesu výroby papírového listu na papírenských strojích pro firmu, HAJDO spol. s r. o. Hlavním cílem bylo navrhnout takové opatření, které povede ke snížení provozních nákladů zejména s ohledem na časté havárie u mlecích linek, které mají vliv na provoz papírenských strojů.

Nejprve jsem se podrobně seznámila s výrobními procesy přípravy látky, papírenským strojem a jeho jednotlivými částmi. Následně jsem definovala dle mého názoru stěžejní problém, kterým jsou kovové nečistoty, které, pokud nejsou zachyceny včas, způsobují nemalé finanční i časové ztráty ve výrobě.

Ve spolupráci s pracovníky firmy jsem navrhla zavedení magnetického odlučovače do procesu přípravy látky. Popsala jsem rovněž vlastnosti používaných magnetů v magnetických odlučovačích. Pro části odlučovače jsem zpracovala výrobní postupy.

V posledním kroku jsem posoudila náklady na pořízení magnetického odlučovače oproti vzniklým nákladům při havárii mlecího zařízení, tedy vylámání mlecích segmentů v mlecích strojích. Propočtem jsem zjistila, že náklady na pořízení magnetického odlučovače jsou nesrovnatelně nižší než náklady, které vzniknou při případné havárii.

Použitá literatura:

- [1] Červenka, Karel. *Papírenský stroj*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1954.
- [2] Korda, Josef; Libnar, Zbyněk a Prokop, Jiří. *Mletí papíroviny*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1963.
- [3] Kmeco, Rudolf; Müller, Jiří. *Zpracování sběrového papíru na strojích československé výroby*. Praha : Nakladatelství technické literatury ve Středisku interních publikací, 1982.
- [4] Hnětkovský, Václav. *Papírenská příručka*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1983.

Použité internetové stránky:

Stránky pro magnety feritické a neodymové:

www.magsy.cz

Stránky pro terminologii o magnetických vlastnostech:

www.wamag.eu

Seznam příloh:

- Příloha č. 1: Schéma přípravný látky se zařazením magnetického odlučovače – linka sběrového papíru
- Příloha č. 2: Schéma přípravný látky se zařazením magnetického odlučovače – linka sběrového papíru
- Příloha č. 3: Schéma přípravný látky se zařazením magnetického odlučovače – linka zpracování buničiny
- Příloha č. 4: Moderní rozlučovač od firmy Kadant Lamort
- Příloha č. 5: Dispozice papírenského stroje (č. v. PS 0971.00.)
- Příloha č. 6: Onožení typu SF, SFi
- Příloha č. 7: Onožení typu KF
- Příloha č. 8: Onožení typu KK, K
- Příloha č. 9: Výrobní výkres součásti (č. v. VK 0594.02.00)
- Příloha č. 10: Výrobní výkres součásti (č. v. VK 0954.01.00)
- Příloha č. 11: Výrobní výkres součásti (č. v. VK 0954.00.00)
- Příloha č. 12: Datový nosič typu CD s bakalářskou prací v elektronické podobě

Poděkování:

Chtěla bych poděkovat firmě, HAJDO spol. s r. o. za to, že mi umožnila vypracovat bakalářskou práci. Za odbornou asistenci a rady v dané problematice bych chtěla poděkovat speciálně panu Ing. Ivu Čulíkovi a výrobnímu poradci panu Josefu Chmelařovi.

Dále bych chtěla poděkovat paní Ing. Ivaně Šajdlerové, Ph.D za odborné rady a pomoc při zpracování bakalářské práce.